

# Stand der Ökobilanzierung von Gebäuden und Gebäudebeständen

Prof. Dr. Niklaus Kohler  
Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib)  
Universität Karlsruhe (TH)

## Einleitung

Die Notwendigkeit, den Energiebedarf bei der Produktion und Nutzung von Gebäuden zu reduzieren, ist seit der Energiekrise von 1973 unbestritten. Genauso so offensichtlich sind nach wie vor die Schwierigkeiten, dieses anscheinend so einfache Postulat in der Baupraxis umzusetzen. Die Gründe für die Reduktion des Energiebedarfs haben seit diesem Zeitpunkt mehrmals geändert. Standen am Anfang der Diskussion die Knappheit, der Preisanstieg und die Unsicherheit der Versorgung mit fossilen Energieträgern im Vordergrund, so wurde später die Luftbelastung, die durch den Heizenergieverbrauch maßgebend beeinflusst wird, zum hauptsächlichen Argument. Innerhalb der allgemeineren wissenschaftlichen und politischen Diskussion steht Reduktion des CO<sub>2</sub> Ausstoßes im Vordergrund. Doch auch dieses Teilziel wird zur Zeit von einem wachsenden Bewußtsein um die Notwendigkeit einer global nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung, eines sorgfältigen Umganges mit allen Ressourcen, erweitert.

Die Wege zum Erreichen der obengenannten Ziele haben sich entsprechend entwickelt:

- Im Anschluß an die sehr schematische Erklärung des hohen Energieverbrauchs durch schlechte k-Werte der Baukonstruktion, wurden zuerst kleinere Fensterflächen und erhöhte Dämmung gefordert.
- Die dynamische Simulation des energetischen Verhaltens von Gebäuden hat die Wichtigkeit der Solargewinne und der Regelungstechnik der Anlagen aufgezeigt. Resultat sind die vereinfachten quasi-stationären Energiebilanzierungsverfahren, die heute als anerkannte Planungstechnik in die neue Wärmeschutzverordnung und die CEN Normen [CEN92] Eingang gefunden haben.
- Im Rahmen der Passivsolar- und Niedrigenergiegebäudeforschung wurden der vergegenständlichte Energie- und der Primärenergieaufwand für Gebäude seit Mitte der achtziger Jahre untersucht. Es zeigte sich, u.a. aus methodischen Gründen, dass diese Verfahren auf die Umweltbelastungen durch den gesamten Bauprozess erweitert werden mussten [KOH94]. Die dabei eingesetzten Energie- und Stoffflussbilanzierungsverfahren stammen aus der Thermodynamik, der Systemökologie und der Verfahrenstechnik [ODU71],[BAC96].

## Ökobilanzierung im Baubereich

Der Bau- und Nutzungsprozess von Gebäuden belastet die Umwelt auf zwei Arten:

- durch die Entnahme von Ressourcen aus der Umwelt,
- und durch die Rückführung von Emissionen in die Umwelt.

Beide Vorgänge sind bisher nur beschränkt in Marktmechanismen eingebunden. Die dabei entstehenden Schäden werden zum großen Teil sozialisiert und bilden die sog. externen oder sozialen Kosten [HOH92]. Ziel der Modellierung dieser Vorgänge ist die Möglichkeit, die Entnahme von Ressourcen und die Abgabe von Emissionen zu minimieren, sowie die direkte Rückführung von Energie- und Stoffflüssen zu maximieren.

Eine wesentliche Randbedingung dieses Projektes ist die Erhaltung und Erhöhung der Gebäudequalität (Unterstützung der Dienstleistung und Steigerung der Behaglichkeit), sowie eine erhöhte Dauerhaftigkeit bei der Gebäudenutzung. Die Abbildung der erwähnten Flüsse und die Ermittlung der Auswirkungen auf die Umwelt und die Menschen wird auch als Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse (LCA-life cycle analysis) bezeichnet.

Eine Lebenszyklusanalyse besteht im Allgemeinen aus 4 Schritten [SET93]:

- A - Festlegen des Bilanzierungsziels (Systemgrenzen, Funktionale Einheiten)
- B - Sachbilanz (Erfassen der Flüsse)
- C - Wirkungsbilanz (Zuordnung von Umwelteinwirkungen zu Flüssen)
- D - Bilanzbewertung (Aggregation von mehreren Einwirkungen)

Die Abb. 1 fasst die 4 beschriebenen Stufen zusammen. Ausgehend von der Endenergiebilanz des Einzelgebäudes werden zuerst die Vorstufen der Energiebereitstellung (Primärenergie) und die vergegenständlichte Energie berücksichtigt. Als nächste Erweiterung kommt die Berücksichtigung der CO<sub>2</sub> Emissionen als Indikator für die Luftbelastung. Die Systemgrenzen der aktuellen Ökobilanzierung werden durch Einbezug von zusätzlichen Ressourcen sowie die Auswirkungen auf mehrere Umweltkompartimente und ihre erste Aggregation in effektorientierte Bewertungen nochmals erweitert.

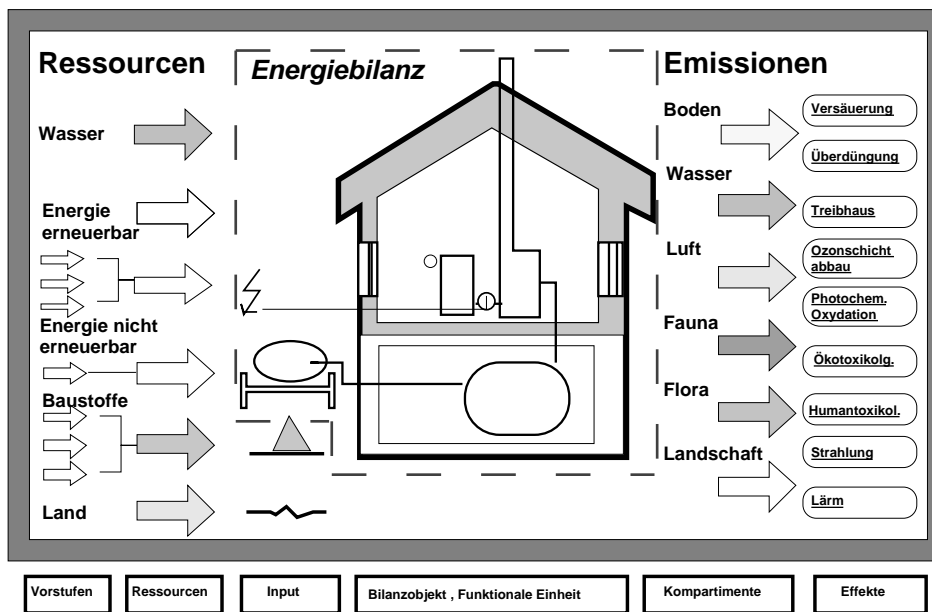


Abb. 1 : Von der Energiebilanz zur Ökobilanz

Es ist unbestritten, dass der Endenergieverbrauch kein ausreichender Indikator für die Umweltbelastung ist. Auch der Primärenergieverbrauch ist nur für bestimmte Umweltbelastung ein ausreichender Indikator. Simulationsrechnungen an einer grösseren Anzahl von Gebäuden zeigen, dass die verschiedenen heute international verwendeten effektorientierten Bewertungen zum Teil vor allem durch die Nutzung von Gebäuden (Heizung, Lüftung, Prozesse) zum Teil jedoch eher durch Bauprozesse (Neubau, Erneuerung) beeinflusst werden. Das bedeutet, dass die Planung und der Betrieb von Gebäuden als komplexe, langlebige Objekte nicht mit einem einzigen Bewertungsverfahren bewältigt werden kann. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit einer relativen Bewertung: anstelle eines einzelnen, absoluten, Zielwertes tritt ein Lösungsraum der durch mehrere relative Kriterien gebildet wird [KOH94]. Die Werte für diese Kriterien stammen aus Referenzobjekten. Dieses Verfahren ist im Baubereich nicht neu, Gebäude lassen sich im Sinne der klassischen Optimierungsverfahren nicht auf einfache Zielfunktionen reduzieren. Die Entwicklung von Planungswerkzeugen entwickelt sich aus den gleichen Gründen in Richtung von assistierenden Systemen mit Schwerpunkt Visualisierung komplexer Zusammenhänge.

## Einbeziehung des Lebenszyklus

Die Lebenszykluskosten eines Objektes oder einer Dienstleistung während seiner/ihrer Lebensdauer bestehen in den Investitionskosten und der Gesamtheit der laufenden Betriebskosten [DHIL89]. Das ökologische Energie- und Stoffflussmodell kann durch die Überlagerung mit monetären und Informationsflüssen erweitert werden. Der Planungsprozess als solcher ist dabei ein Informationsfluss. Diese Flüsse sind stark redundant und vernetzt. Unser Ansatz der gleichzeitigen Modellierung erlaubt

es, die Auswirkungen von Einzelmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen und über mehrere Stufen abzubilden und damit den Planungsprozess besser zu kontrollieren.

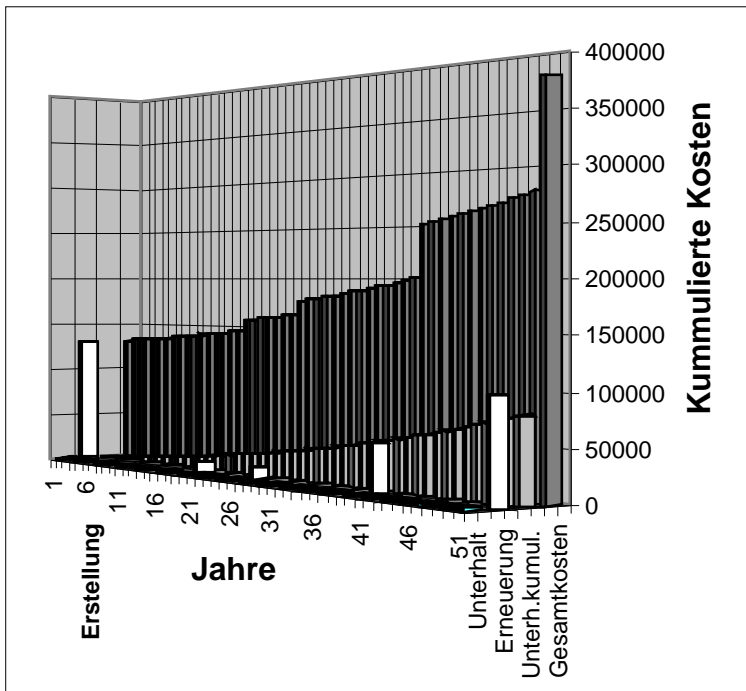


Abb. 2 : Indexierte Lebenszykluskosten eines Wohngebäudes über 50 Jahre [BFK95]

Da die Umwelteinwirkungen die ein Gebäudes während seiner Lebensdauer verursacht, oft ein Vielfaches der ursprünglichen Einwirkungen durch den Neubau betragen, müssen sie von Anfang an mit einem umfassenderen Zeithorizont betrachtet werden. Ökobilanzierung und klassische betriebswirtschaftliche Gesamtkostenrechnung (Investitionskosten, laufende Kosten, Entsorgungskosten, etc. die steuerlichen Rahmenbedingungen ausgeklammert) werden praktisch identisch.

### Anwendung auf Gebäude

Die Anwendung von vollständigen Energie- und Stoffflussbilanzen auf Gebäude ist bis jetzt auf die Forschung beschränkt, u.a. durch den großen Aufwand für die Gebäudebeschreibung. Andere Versuche, z.B. der direkten Koppelung der quantifizierten Stoffflüsse an CAD - Zeichensysteme waren nicht erfolgreich, weil aus den Zeichnungen vor allem geometrische Informationen (im besten Falle Mengen), nicht aber semantische Informationen (Eigenschaften von Baustoffen und -Teilen) ermittelt werden könnten. Es zeigt sich, dass der Leistungsbeschrieb eines Gebäudes eine viel größere Anzahl von relevanten semantischen Informationen enthält [BJÖR92].

Es liegt deshalb schon vom vorgeschlagenen kombinierten Ansatz (Energie-, Stoff-, Kosten-, Informationsfluss) nahe, von der Gliederung und dem Beschrieb der Kosten- und Ausführungsplanung auszugehen, und die dabei verwendeten Datenstrukturen in einer möglichst neutralen Weise zu modellieren. Dies geschieht am sinnvollsten über die Methoden der Produktmodellierung.

Ein Gebäude wird in diesem Sinne in funktionale Elemente (im Sinne der Elementkostengliederung) eingeteilt, die aus (Standard) Bauleistungen bestehen [CRB90],[DIN95].

Standard Bauleistungen enthalten Angaben zu Art und Mengen von Baustoffen und Bauprozessen. Für Baustoffherstellung, Bau-, Transport-, Entsorgung-, Nutzungsprozesse und

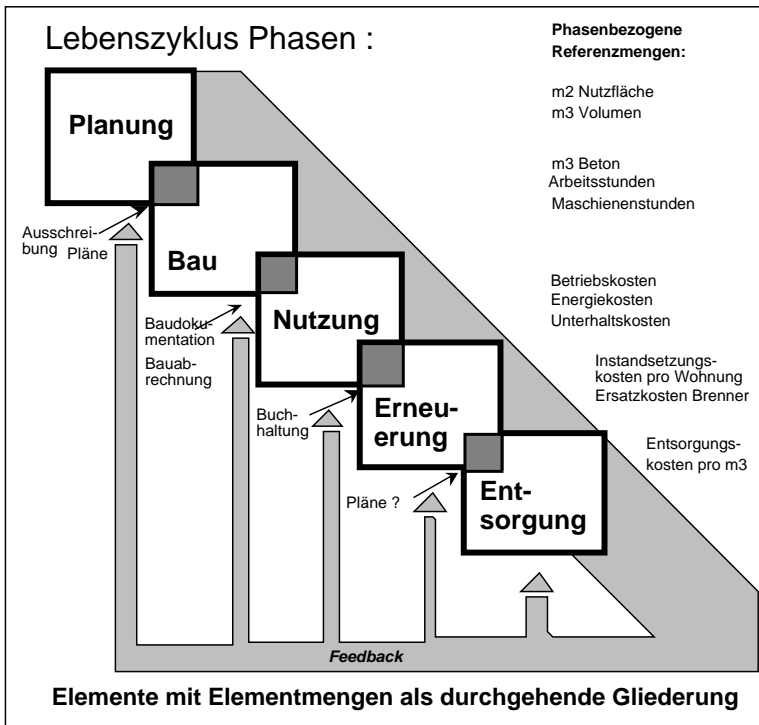


Abb. 3 Elementgliederung als phasenübergreifende Struktur

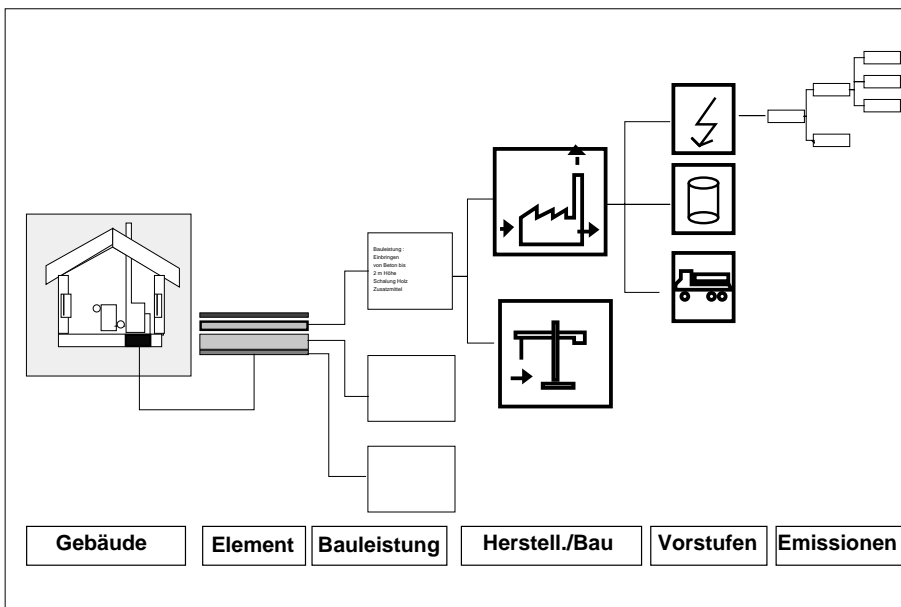


Abb. 4 Verknüpfung von Elementgliederung, Bauleistungen sowie Energie- und Stoffflussbilanzierung

Energiebereitstellung können Sachbilanzen erstellt oder übernommen werden. Sachbilanzen enthalten alle zur Herstellung einer Stoffquantität notwendigen Ressourcen und die dabei auftretenden Emissionen.

Es ist offensichtlich, dass mit Hilfe der gleichen neutralen Datenstruktur eine Vielzahl von anderen Berechnungen/Simulation durchgeführt werden kann. Die Energiebedarfsberechnung nach dem vollständigen, CEN-Verfahren der Wärmeschutzverordnung [CEN92] ist in einem (nur geringfügig) erweiterten Elementkostenmodell durchführbar. Weitere Anwendungen sind Brandschutz und Brandfolgenabschätzungen, Bauablauf-Simulation etc. Diese Verfahren (auch „bottom up Verfahren“ genannt) können durch die Verdichtung von Erfahrungs- und Mittelwerten schon in frühen Planungs-

phasen verwendet werden, auch wenn noch keine genauen Angaben zum zu planenden Gebäude bestehen [KOH96].

Die Festlegung dieser Struktur und schafft die Möglichkeit klare Schnittstellen festzulegen und damit ein modulares Vorgehen zu ermöglichen. Die Bereitstellung von Vorstufendaten (Energiebereitstellung, Transportprozesse etc.) kann nur im Rahmen von konsistenten gesamtheitlichen Bilanzierungen durchgeführt werden. Die methodischen Grundlagen dazu werden von den SETAC Regeln [SET93] und darauf aufbauend ISO Normen gebildet. Es gibt z.Z. vor allem 2 öffentliche Datensätze: ECOINVENT [FRI95] und GEMIS [GEM95]. Die Sachbilanzierung von Materialien und Prozessen kann nach den gleichen Regeln geschehen. Austauschformate werden durch SPOLD [SPO96] geliefert. dadurch wird es möglich modular neue Materialien aus anderen Materialien und Prozessen aufzubauen und kumulierte Bilanzen zu erstellen. darauf aufbauend können dann mehr oder weniger standardisierte Bewertungsverfahren, z.B. die effektorientierten CML Kriterien [HEJ92] aufgesetzt werden. Die Arbeitsteilung zwischen Hochschulen, Forschungsinstituten und Industrien hat sich bewährt und zu Sachbilanzen für 150 Baustoffe [ÖIB95] geführt die heute öffentlich zugänglich sind. Erweiterungen in Richtung der beliebigen Wahl von Vorstufendatensätzen sowie des Einbezugs von Zusatzstoffen über Standardrezepturen sind in Vorbereitung [BUW95],[GIS91]. Bauleistungen und Bauelemente können durch Angaben zu Lebenszyklusannahmen sowohl von Herstellern als auch von Institutionen die Bauleistungen (Bauleistungskataloge) definieren mit geeigneten Programmen erstellt werden. Sie werden den Anwendern dann im Rahmen von existierenden und neuen Planungshilfsmitteln zur Verfügung gestellt [REG97] [KLI96].

## Integration der Ökobilanzierung in den Planungsprozess

Die schon erwähnten Schwierigkeiten der Integration des Energiesparens in Planung, Bau, Erneuerung und Nutzung von Gebäuden, liegen z.T. in der Tatsache begründet, dass diese Anforderungen entweder gar nicht, zu spät und nicht in einer an die üblichen Bauprozesse angepassten Form gestellt wurden.

Sie werden deshalb als (lästige) Mehrleistungen empfunden und als Domäne von „Spezialisten“ betrachtet. Erfreute sich auch die demonstrative Verwendung von architektonischen Ökoattributen (Grasdach etc.) sowie Solarattributen (Wintergärten, Glasdächer, Photovoltaikzellen etc.), letztere vor allem in der „High-Tech-Szene“, einer gewissen Beliebtheit, so bleibt die Vorgabe von klaren Zielwerten für den Energieverbrauch eine Seltenheit. Noch seltener ist die Überprüfungen dieser Zielvorgaben während des Gebäudebetriebes und die Kenntnis um den wirklichen gemessenen Energieverbrauch eines Gebäudes ist nachwievor eine Kuriosität.

Die Berechnung von sog. Mehrkosten für energetisch gute Bauten besteht in dem absurden Verfahren, zuerst ein Gebäude (energetisch) schlecht zu planen, dann auszurechnen wieviel es kosten würde, dieses Gebäude zu verbessern und zum Schluss nachzuweisen, dass sich diese Verbesserung durch niedrigere Nutzungskosten „rechnet“. Es ist offensichtlich, dass Energieverbrauchszielwerte als Randbedingung ebenso wie Kostenzielwerte (und in Zukunft Umweltbelastungszielwerte) von allem Anfang an in die Planung einfließen müssen und dass es zu den Planungsleistungen gehört, nach dem ersten Nutzungsjahr des Gebäudes sicherzustellen, dass diese Werte erreicht wurden (benchmarking).

Die Energie- und Stoffflussbilanzierung läßt sich bei normalen Bauprojekten im Nachhinein nur mit großem Aufwand verwirklichen. Sie kann jedoch, wenn sie, wie oben vorgeschlagen, auf den klassischen Methoden der Kosten und Bauablaufplanung aufbaut, pragmatisch, planungsbegleitend und computergestützt durchgeführt werden. Die grundlegende Forschung ist auf diesem Gebiet abgeschlossen, die Markteinführung der Verfahren ist in den nächsten 2 Jahren vorgesehen. Siehe dazu den Beitrag von Dr. Lützkendorf.

Die durchgehende Informatisierung erlaubt es, Berechnungen zum voraussichtlichen Verhalten von Gebäuden und ihrer Umwelteinwirkung über den gesamten Lebenszyklus durchzuführen. Eine neue Art von Planungshilfsmitteln unterstützen dabei Bauherren und Planer bei Entscheidungen auf der Stufe „Bedarfsplanung“. Vor allem können Nicht-Bau, Erneuerungs- und Umbauoptionen mit Neubauoptionen verglichen werden.

Durch diese Art der integrierten Beschreibung von Gebäuden können auch Gebäudebestände beschrieben werden. In der Studie für die „Enquete Kommission des deutschen Bundestages zum Schutz von Mensch und Umwelt“ wurde eine erste Modellierung des deutschen Gebäudebestandes erstellt und die Energie- Stoff und Geldströme gleichzeitig berechnet [EQK96].

Es ergeben sich schon heute auf Grund der systematischen Verknüpfungen eine Vielzahl von Möglichkeiten der Verbesserung der Planung und Rationalisierung des Bauprozesses, sowie der besseren Bewirtschaftung von Gebäudebeständen.

Die Anwendung der Methoden der Systemökologie und der Produktmodellierung ermöglichen grundsätzlich neue Fragestellungen. Sie erlauben, neue Strategien der Nachhaltigkeit, sowohl für Hersteller von Baustoffen, Bauunternehmer, als auch für Planer, Bauherren und politische Behörden festzulegen und in die Baupraxis überzuführen.

## Strategien für Gebäude

Angesichts der Tatsache dass durch den Bau (und den darauffolgenden Betrieb) von Gebäuden beträchtliche Stoffflüsse und Umwelteinwirkungen muss der prinzipielle Bauentscheid sehr gut abgewogen werden. Vor allem angesichts der Tatsache, dass das Angebot an Gebäuden noch konstant steigt (und viele davon leerstehen) und die Alterung / Erneuerungsbedarf des Bestandes kaum detailliert untersucht worden sind.

Es gibt im wesentlichen vier Strategien zur Befriedigung eines Bedarfes der mit Tätigkeiten in Gebäuden verbunden ist :

- Neubau
- Weiternutzung und Bewirtschaftung existierender Gebäude
- Umbau, Anpassung von existierenden Gebäuden
- „Nicht Bau“ - Lösung

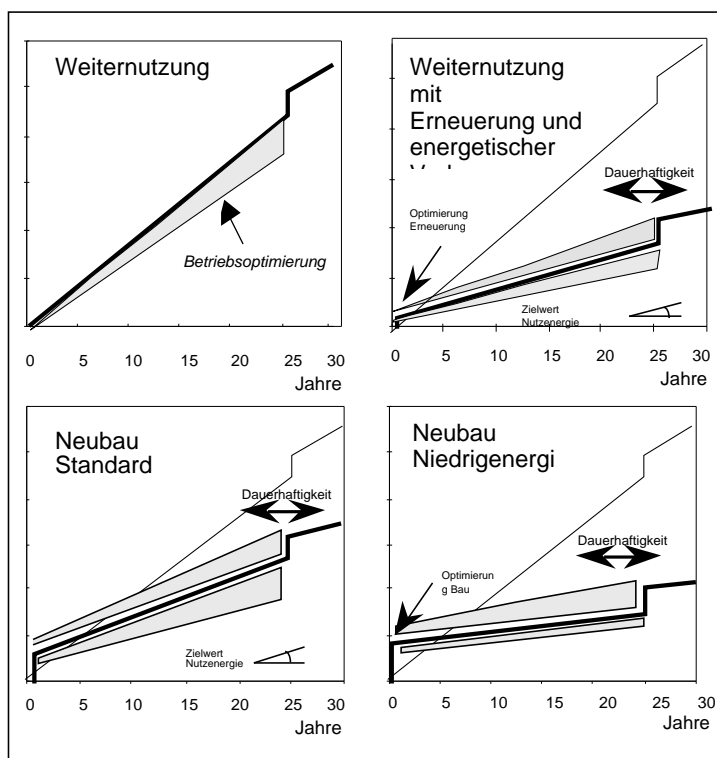


Abb. 5 : Strategien für Gebäude

Es ist heute möglich mit sorgfältiger Planung Gebäude mit signifikant niedrigeren Umweltbelastungen zu bauen a). Dabei kommt der Reduktion des laufenden Energiebedarfs (Wärme für Heizung sowie Strom für Anlagen und Prozesse) vorerst die grösste Bedeutung zu. Allerdings muss dieses Ziel unter Einhaltung von strikten Rahmenbedingungen betreffend der Umweltbelastung und der humatoxikologischen Auswirkungen durch Baustoffherstellung und Bauprozesse erreicht werden.

Dazu kommen die Forderungen nach möglichst hoher Dauerhaftigkeit und Weiterverwendbarkeit auf allen Stufen (Gebäude bis Baustoffe) um den Ressourcenverbrauch zu reduzieren, resp. die Umweltbelastungen auf einen längeren Zeitraum zu verteilen. Angesichts der beträchtlichen Ausmasse der z.Z. leeren oder untergenutzten Gebäuden kommt der Strategie b) und c) quantitativ eine grosse Bedeutung zu. Untersuchungen zu Industriebrachen in der Schweiz zeigen dass die derzeitigen Leerstehenden Industrie- und Gewerbeflächen den realistisch geschätzten Bedarf der nächsten 10 Jahre voll abdecken. Die in einem leerstehenden Lagergebäude geschaffenen Büroräume des WWF zeigen dass mit bescheidenen Stoffströmen (Bauschutt und Umbau) eine energetisch sehr leistungsfähige Lösung gefunden werden kann. Das Unterbringen von sehr weitgehenden Kommunikationsmitteln und Möglichkeiten scheint auf weniger Probleme gestossen zu sein als in gewissen Neubauten heute. Die Nichtbaulösungen werden vor allem in Form „dematerialisierten“ Verfahren (z.B. Virtuelle Bibliotheken am Internet) immer mehr als Alternative zu Transport und spezifischen Gebäudenutzungsvorgängen auftreten. Es scheint, dass die zunehmende Dematerialisierung vieler Prozess auch im Bauwesen zu überraschenden und eleganten Lösungen führen könnte.

## Strategien für Gebäudebestände

Der Umfang, die Struktur und die Dynamik der Veränderung des gesamten deutschen Gebäudebestandes sind schlecht bekannt. Bisherige Versuche der Modellierung beziehen sich auf den laufenden Energieverbrauch [IKA95],[IWU90]. Veränderungen ökonomischer, technischer oder sozialer Rahmenbedingungen wie: technischer Standards (z.B. Wärmeschutzverordnung), gesetzliche Verbote bestimmter Baustoffe (Asbest, PCB usw.) oder steuerlicher Bestimmungen (z.B. Abschreibungsregelungen) wirken sich kurz, mittel oder langfristig aus. Um diese Auswirkungen abschätzen zu

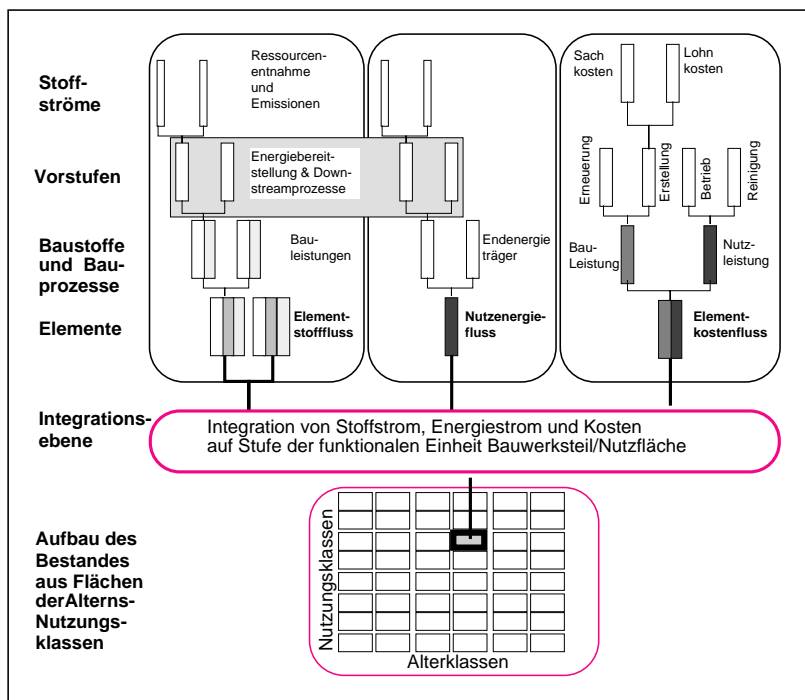


Abb. 6 : Modellierung der Stoff-, Energie- und monetären Flüsse im Bestand.

können, muß der betroffene Gebäudebestand bekannt und es müssen Modelle zur Dynamik dieses Gebäudebestandes verfügbar sein. Werden diese Informationen in einem dynamischen Modell eines regionalen oder nationalen Gebäudebestandes bereitgestellt, können Veränderungen im Umfeld des Planens, Bauens, Betriebens und Instandhaltens in ihren Wirkungen auf den Gebäudebestand selbst, auf die Umwelt und auf die Bau bzw. Volkswirtschaft simuliert werden.

Gebäudebestände können mit den vorher beschriebenen Methoden des Beschriebes von Einzelgebäuden aufgebaut werden. Über die ermittelten Flächen der Alter-Nutzungsklassen werden dann Stoff- Energie und monetäre Flüsse hochgerechnet und dynamisiert.

Die starke Ausweitung der Stoffflüsse (sowohl in Form von Energie- als auch von Baustoffflüssen) prägen das Bauen der letzten 250 Jahre. Durch die industrielle Revolution wurden die Flüsse für Energie (Holz und Kohle zum Betreiben der Dampfmaschinen) und Grundmaterialien für industriell hergestellte Produkte sprunghaft größer. Nach dem zweiten Weltkrieg hat eine zusätzliche Ausweitung stattgefunden, die Hochkonjunkturphase hat in vielen Ländern zu einer Vervielfachung der Konsumgüter und praktisch zu einer Verdoppelung des gesamten Gebäudebestandes geführt. Es entstand dadurch ein riesiges stoffliches Zwischenlager.

Zusätzlich zum absoluten Wert des Baustoffflusses interessiert natürlich als zusätzliches Kriterium, ob die Baustoffe selbst recycelt sind oder sich am Ende ihrer Lebensdauer recyceln lassen. Ganz abgesehen von der Tatsache, dass es sich bei praktisch allen Recyclingvorgängen um downcycling handelt, muss ein grosser Unterschied gemacht werden, zwischen der effektiven heutigen Verwendung von recyceltem Material und der Möglichkeit eines Recycling in 10, 50 oder 100 Jahren.

Der Baustoffeintrag in den Bausektor liegt heute je nach Systemgrenzen [WUP95] zwischen 3 und 10 t/Einwohner und Jahr. Demgegenüber steht ein jährliches Bauschutttaufkommen zwischen 0,3 und 0,6 t/Einwohner und Jahr von dem im Hochbau z.Z. nur lediglich ca. 5 % recycelt werden. [WUES96] Im Tiefbau liegen die

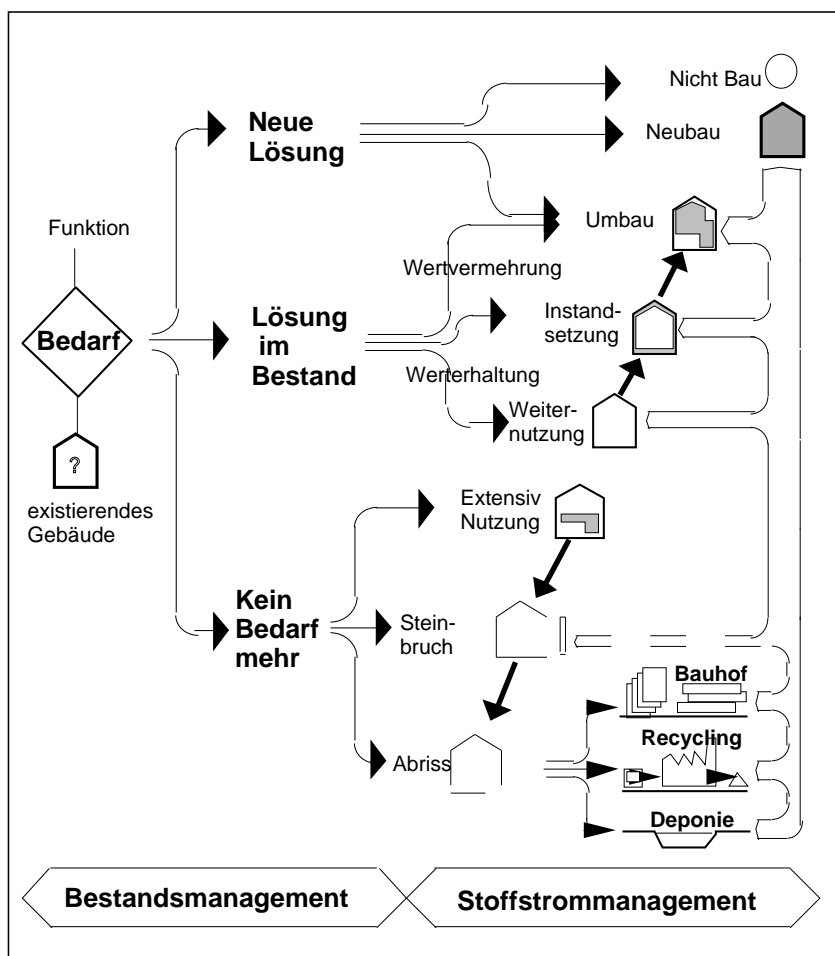


Abb. 7 : Bestandsmanagement und Stoffstrommanagement

Recyclingraten wesentlich höher. Die stoffliche Zusammensetzung ist jedoch sehr stark von den (relativ) unproblematischen mineralischen Baustoffen bestimmt. Der Ausbau des Gebäudebestandes als Zwischenlager geht also unvermindert weiter.

Wenn wir in Zukunft die Umwelt sowohl auf der Seite der Ressourcenentnahme als auch auf der Seite der Emissionen weniger belasten wollen, müssen wir dazu übergehen den Durchsatz im Bestand wesentlich zu verlangsamen, d.h. die Verweildauer der Stoffe zu erhöhen. Das geschieht über Verzicht auf neue Stoffflüsse, erhöhte Dauerhaftigkeit, grosser Anteil von Wiederverwendung von Gebäuden (Gebäuderecycling) und Bauteilen [HAS95]. Die prinzipielle Ressource für Bauprozesse ist



dadurch nicht mehr die Natur, sondern der Bestand an sich. Dem Stoffstrommanagement entspricht auf der Nutzungsseite das Bestandsmanagement. Nur wenn die stofflichen Auswirkungen den Nutzungs- und Bauentscheiden zugeordnet werden können, kann eine Strategie für einen Gebäudebestand festgelegt werden. Natürlich müssen sich diese Entscheide in ein gesamtgesellschaftliches, sozio-kulturelles Wertesystem einfügen. Diese Zusammenhänge sind zur Zeit kaum untersucht worden.

## Schlußfolgerungen

Die Frage nach der Umweltbelastung durch das Bauen wirft also eine Reihe grundsätzlicher Fragen nach dem Sinn des Bauens an und für sich auf. Sie könnte in diesem Sinne Ausgangspunkt einer neuen Auffassung von Technik und Architektur werden, die sich, und das ist wohl neu, weder an technischen Lösungen, noch an architektonischen Formen orientiert. Auf gesellschaftliche Forderungen hat die technische Gemeinschaft bis jetzt mit neuen Technologien und die Architekten mit neuen Formen geantwortet. Die ökologische Herausforderung kann mit diesen Mitteln nicht beantwortet werden; im Gegenteil wir müssen verhindern, das neue Technologien und Formen uns die Sicht auf die wesentlichen Probleme verstellen.

Es zeigt sich, das gesamtgesellschaftlich nur die intensive Erhaltung und die optimale Nutzung des Gebäudebestandes mittelfristig zu einer Entlastung der Umwelt führen können. Dadurch wird der Gebäudebestand prinzipiell zur wichtigsten und schlussendlich einzigen möglichen Ressource. Die konzeptuellen Auswirkungen dieser Tatsache sind kaum untersucht worden.

## Referenzen

- [BAC96] BACCINI,P; BADER, H-P: Regionaler Stoffhaushalt. Spektrum Verlag Berlin 1996.
- [BFK95] BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN . Erneuerungs und Unterhaltskosten von Bauteilen und Gebäuden. Impulsprogramm Bauliche Erneuerung. Bern EDMZ 1995
- [BJOR92] BJÖRK, B.-C. A Unified Approach for Modelling Construction Information . Building and Environment, special issue on databases for project integration, 1992.
- [BUW95] BUNDESAMT FÜR UMWELT : Bauprodukte und Zusatzstoffe in der Schweiz. BUWAL Schriftenreihe 254. 1995
- [CEN92] EN 832:1992 Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs. 1992
- [CRB90] ZENTRALSTELLE FÜR BAURATIONALISIERUNG CRB: Elementkostengliederung. Norm SN 506 502. Zürich.1990
- [DHIL89] DHILLON B.S. Life cycle costing, New York 1989
- [DIN95] DIN 276: Kosten von Hochbauten. 1995
- [ECO95] GOEDKOOP, M: The Eco-indicator 95; Weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale, NOH Progr., Amersfoort 1995
- [EQK96] ITAS,IFIB,IWU, Uni.Dortmund,Fachhochschule Kiel : Stoffströme und Kosten im Bereich Bauen und Wohnen. Studie im Auftrag der Enquete Kommission zum Schutz von Mensch und Umwelt des deutschen Bundestages. Karlsruhe. 1996.
- [GEM95] ÖKO-INSTITUT: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 2. i.A. Darmstadt/Berlin/Kassel (1995)
- [FRI95] FRISCHKNECHT, R et al : ÖKOINVENTARE für Energiesysteme. ETHZ- ESU. Bern 1995.
- [GIS91] GISBAU : Gefahrenstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen.Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft. 1991.
- [HAS95] HASSLER, U.[edit] Das Denkmal als Altlast? Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft? Uni. Dortmund. 11/12. Okt. 1995. ICOMOS Publication No. 1996
- [HEJ92] HEIJUNGS, R. ET AL (1992): "Environmental life cycle assessment of products; Guide and Backgrounds (Vol. I+II)"; National Reuse of Waste Research Progr. (NOH), CML, Leiden,
- [HEI95] HEITZ,S; BARTH,B; EIERMANN, O; HERMANN, M; KUKULL,E: Life cycle models of buildings. In EuropIA'95. Paris 1995.

- [KLI95] KLINGELE,M; KOHLER,N : Ökobilanzierung im Bauwesen. BBauBl. Heft 8. Aug. 1995
- [HOH92] HOHMEYER,O. External costs as a new tool for hybrid analysis in life cycle costing. in Intern. research workshop on building and the environment. Cambridge, Queens College 1992
- [IKA95] IKARUS-Projekt. Wohngebäude: Bericht 5-29; Nichtwohngebäude: Bericht 5-03
- [IWU90] IWU, Institut für Umwelt und Wohnen. «Energiesparpotentiale im Gebäudebestand», Darmstadt, 1990
- [KOH94] KOHLER N et al : Energie und Stoffbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer .Schlussbericht Forschungsprojekt BEW. Ifib - Universität Karlsruhe 1994
- [KOH95] KOHLER N : Simulation von Energie- und Stoffflüssen von Gebäuden und Gebäudebeständen. Tagung : Das Denkmal als Altlast ? Universität Dortmund 1995.
- [KOH96] KOHLER, N. Life cycle models of buildings. EuropIA'95. Lyon 1996
- [ODU71] ODUM, E.P : Fundamentals of Ecology. Philadelphia, 1971
- [ÖIB95] IFIB-HAB Weimar-ETHZ ESU: Ökoinventare von Baustoffen. Universität Karlsruhe -1995
- [REG97] REGENER Regional Planning for the Development of Renewable Energies. Final report. .APAS Projekt, EC-DG XIII, Contract RENA-CT94-0033. Edit. Ecole des Mines Paris 1997.
- [SET93] SETAC :A conceptual framework for Life-Cycle Impact Assessment, Novem, 1993.
- [SPO96] SINGHOFEN, A et al: Introduction to a common format for life cycle inventory data. Spold status report 1996
- [WUES96] WÜEST & PARTNER : Mengenprognosen Bauabfälle im Kanton Zürich. Amt für Gewässerschutz, Zürich. April 1996, Zürich 1996
- [WUP95] BEHRENSMEIER, R., BRINGEZU, S.: Rucksäcke- Zur Methodik der Volkswirtschaftlichen Material-Intensitätsanalyse. Wuppertal Papers. Nr. 34 April 1995

*Projektangaben :*

- Projekt KOBEEK (Bundesstiftung Umwelt) in Zusammenarbeit mit der HAB Weimar, dem Lehrbereich TA der Universität Karlsruhe und der Architektenkammer B- W.
- Projekt REGENER (ein APAS Projekt der EG-DG XII) in Zusammenarbeit mit der Ecole des Mines de Paris, INERIS (F) , WOON (NL), VTT (Finnland), Softech (I) etc.
- Projekt IEA BCS (BMWT) - Annex 31 - Energy related environmental impact
- Projekt Modellierung des Gebäudebestandes (DfG) - Prof.Richter, Lehrgebiet Planungs- und bauökonomie Universität Karlsruhe.
- Studie für die Enquete Kommission des deutschen Bundestages zum Schutz von Mensch und Umwelt "Stoffströme und Kosten im Bereich Bauen und Wohnen" (ITAS,IFIB,IWU,Prof.Hassler,Prof.Linden,Prof.Richter)